

# Análisis de morteros medievales de dos castillos de Cantabria/ESPAÑA

FEDERICO GUTIERREZ-SOLANA, MODESTO JAUREGUI  
ETS Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad de Cantabria  
RAMON BOHIGAS, PEDRO SARABIA  
Museo Regional de Prehistoria y Arqueología de Cantabria

Fecha de recepción: 8-II-89

## RESUMEN

*En este trabajo se presenta la metodología seguida en el análisis de morteros procedentes de dos castillos medievales, el de Camargo (siglo VIII) y el del Torrejón de Las Henestrosas (siglo XIII), ambos en Cantabria, con objeto de aportar información complementaria a la obtenida en las campañas arqueológicas en ambos asentamientos.*

*La selección de los morteros de cimentación y pavimentación realizada permite que los resultados obtenidos resalten sus diferencias asociadas a las variables de localidad, antigüedad y funcionalidad, lo que ha de servir de base al establecimiento de hipótesis sobre el modo y saber de los procesos constructivos en ambos puntos.*

## SUMMARY

*This work presents the methodological procedure done on the analysis of ancient mortars from two middle-age castles, the one of Camargo (VIII century) and the Torrejón at Las Henestrosas (XIII century), both in Cantabria. The analysis pretends to get a complementary information to the previous one obtained from the archeological research done at these places.*

*The results obtained from the mortars tested, from foundations or pavement, shows their differences that can be associated to variables as location, age of construction and utility. The conclusions are a base for later analysis to modeling the construction knowledge in both settings.*

## 1. INTRODUCCION Y OBJETO DEL TRABAJO

Durante el desarrollo de la última campaña de excavación, 1983, en el castillo de Camargo, Cantabria, cuya ubicación se observa en el plano de la Figura 1, se pudo observar la mala calidad del mortero empleado en su construcción, que se podía caracterizar someramente indicando su escasa compacidad y falta de homogeneidad, siendo numerosas las zonas donde el árido es perceptible a simple vista. La deficiente calidad del mortero, se asocia asimismo a una técnica constructiva aparentemente defectuosa, que deja numerosas oquedades entre la masa del cascajo calcáreo que rellena los cimientos de los muros defensivos. La Figura 2 muestra la apariencia de este mortero.

Este hecho sugería la realización de una caracterización rigurosa, desde el punto de vista analítico, de tales morteros, a fin de que sus resultados pudiesen constituir una referencia comparativa, pese a la evidente mala calidad de las muestras, para futuros trabajos de investigación, ya fuesen propios o ajenos.

Posteriormente, en 1984, el comienzo de los trabajos de excavación en el yacimiento del Torrejón, Las Henestrosas, Valdeolea, Cantabria, cuya situación se marca también en el plano de la Figura 1, brindó la oportunidad de conocer otros ejemplos del uso de morteros en la arquitectura militar medieval de Cantabria. En esta nueva estación se hallaron muestras de morteros cuya calidad se podría calificar de notable, aplicados en la cimentación de los muros, como en el caso de Camargo, y, como novedad a lo conocido hasta ese momento, a la pavimentación de espacios abiertos y caminos. La fotografía de la Figura 3 muestra un detalle de este mortero.

Estas circunstancias llevaron a plantear la necesidad de realizar análisis comparativos de tres muestras de mortero, dos procedentes del Torrejón, una de pavimento y otra del muro, y una tercera proveniente del castillo de Camargo, extraída de los muros de la fortificación. A sus diferencias intrínsecas en cuanto al origen y a la funcionalidad constructiva, ya mencionadas, hay que añadir las esperadas en base a la diferencia cronológica existente entre ambos yacimientos. El castillo de Camargo tiene una

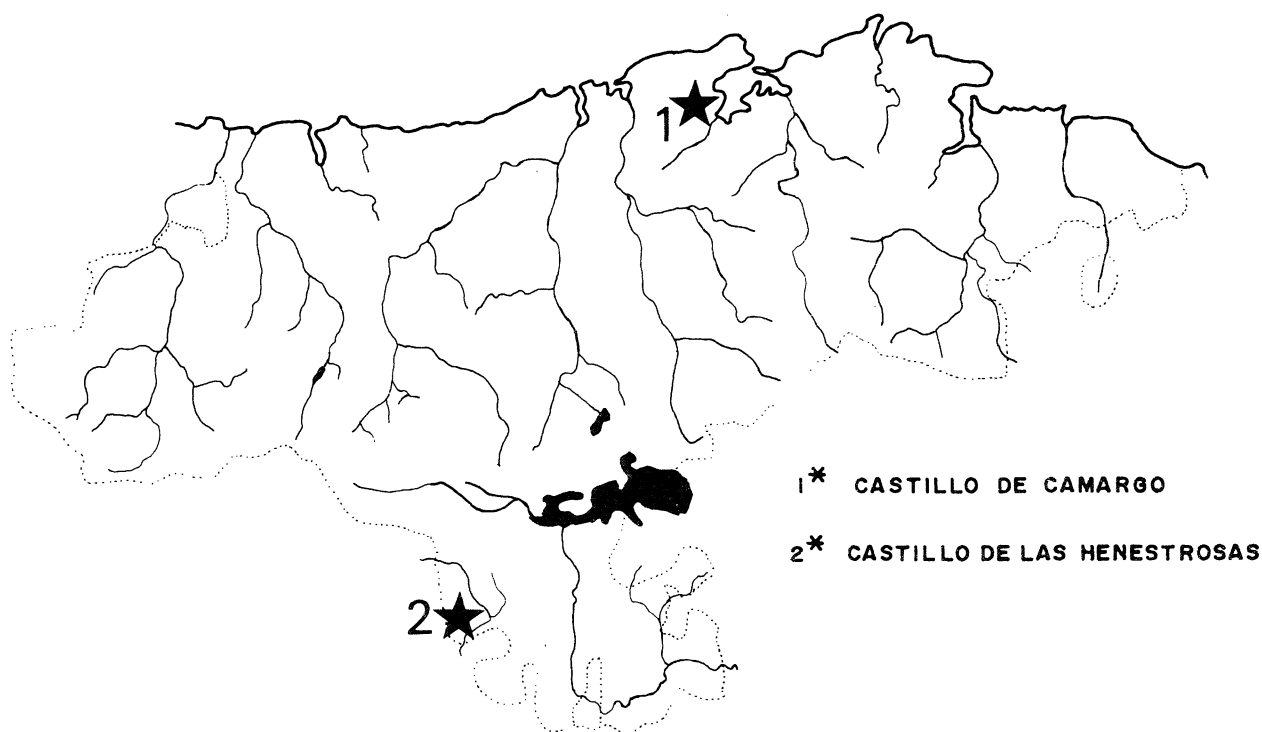


Fig. 1.—Plano de situación geográfica.

ocupación centrada en época altomedieval, desde el 760 (UGRA\*-182) al 1.020 d.C. (UGRA\*-180). Contrariamente, el Torrejón de Las Henestrosas aparece como una edificación de cronología claramente pleno y bajo-medieval, y aunque se dispone de una datación de 1090 (UGRA\*-184) que debe considerarse como la fecha más antigua de fundación del edificio, todos los demás datos disponibles hasta el presente, cerámicas, monedas y una nueva datación de carbono 14, 1265 (GrN\*\*-14883), apuntan con claridad a una época más moderna, que puede situarse "grosso modo" entre 1250 y 1350, con un final de la ocupación del yacimiento estimado en el curso de la segunda mitad del siglo XIV.

El objeto de los análisis a realizar sobre las muestras referidas aborda la consecución de información que, en una triple vertiente, reflejase las diferencias nacidas de la distinta funcionalidad de las estructuras de las que procedían, de las diversas cronologías y, por último, de las diferencias ambientales de los territorios en los que se ubican. En este contexto, merece destacarse la importancia de alcanzar también a partir de los análisis una base para un mejor entendimiento de las técnicas constructivas utilizadas.

\* Datación por carbono 14 realizada en la Universidad de Granada.

\*\* Datación por carbono 14 realizada en Groningen.

Los análisis deben consistir en la caracterización más exhaustiva posible de los morteros empleados en estas construcciones a fin de que, a partir de su composición y estructuración, se puedan sacar consecuencias de los procedimientos de construcción y concepción de las obras realizadas.

No obstante la evidencia de la aplicabilidad de estas caracterizaciones con los fines descritos no parece frecuente su realización, y no resulta fácil encontrar una metodología sistemática, adecuada a técnicas de laboratorio actuales, para ser aplicada. Es por ello por lo que el trabajo se establece en dos líneas diferenciadas, la justificación de la metodología seguida, tras el estudio de bibliografía previa (1-5) como ejemplo, y el análisis de resultados y conclusiones derivadas de su aplicación a los morteros seleccionados.

## 2. METODOLOGIA DE CARACTERIZACIÓN DE MORTEROS MEDIEVALES

La metodología seguida pretende determinar por un lado la composición de los morteros a analizar con el fin de poder determinar sus componentes originales y modo de selección, y por otro las propiedades físicas que aportan datos para completar el estudio de componentes o su proceso de diseño y colocación.

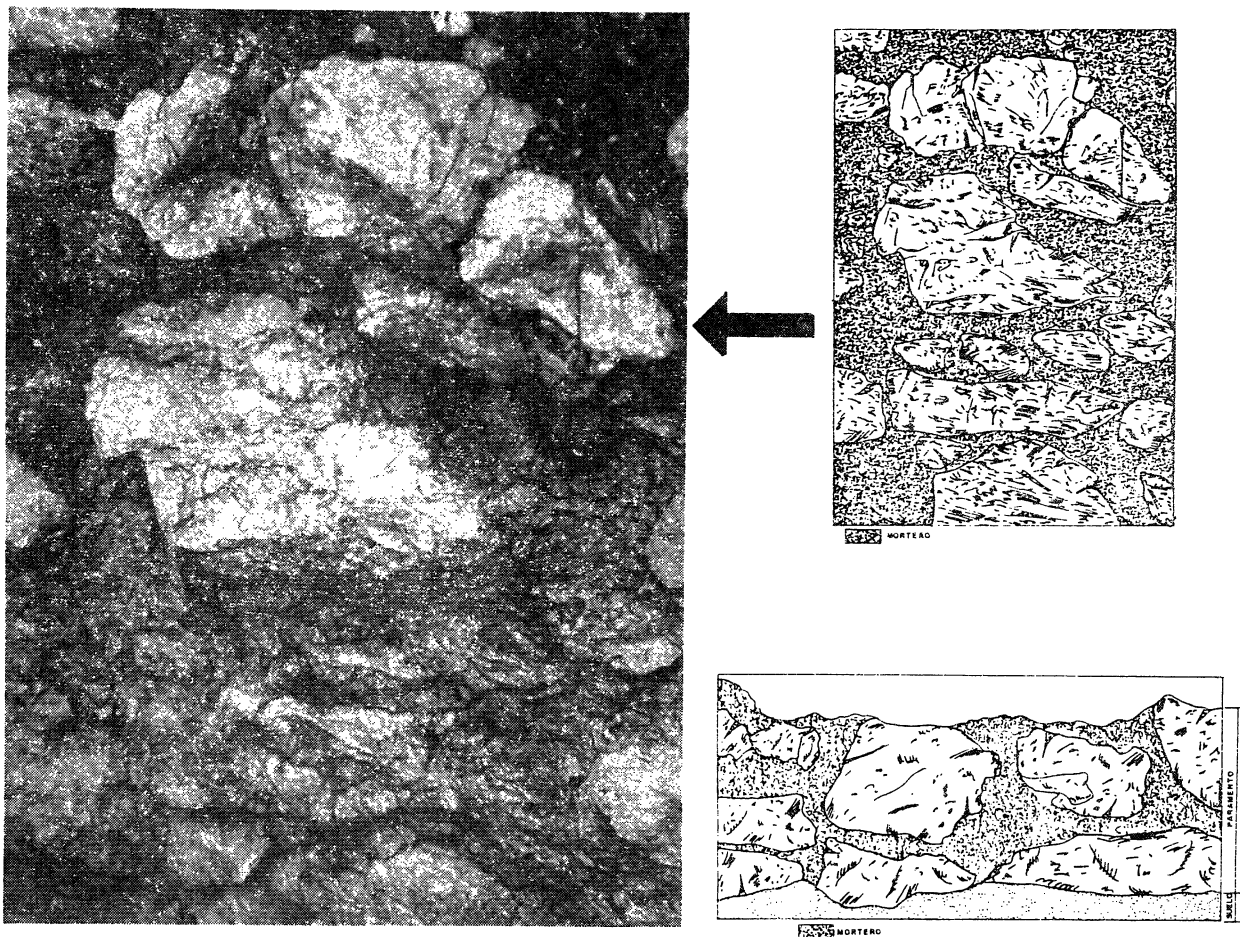


Fig. 2.—Detalle de la cimentación del castillo de Camargo.

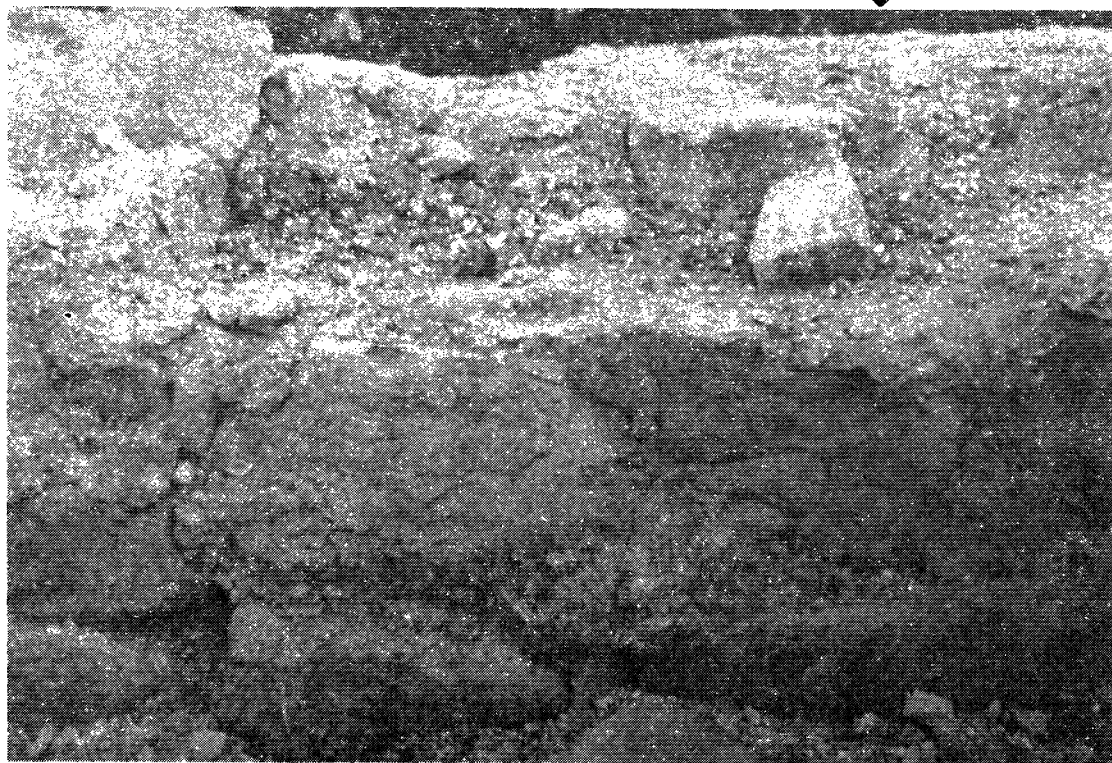


Fig. 3.—Detalle de la cimentación del castillo de Las Henestosas.

## 2.1. Caracterización de componentes

Las muestras a analizar fueron preparadas inicialmente para su análisis por técnicas de Difracción de Rayos-X, mediante el método del polvo (6), para lo que una porción significativa de cada muestra debe ser machacada con martillo de goma y molida en molino de ágata hasta alcanzar la finura adecuada para no ser retenida en el tamiz número 200 de la serie A.S.T.M.

En el proceso de difracción, en todos los casos, se ha utilizado filamento de cobre. Un primer estudio semicuantitativo del mortero, basado en el poder de reflexión de los componentes (7), se realiza a partir del difractograma obtenido.

De esta forma se determina qué tipo de componentes y en qué proporción se encuentran en el mortero en la actualidad. Estos componentes, áridos y productos de reacción del conglomerante deben ser separados y posteriormente analizados. El método de separación de componentes debe basarse en la información aportada por el análisis previo de caracterización.

En el presente trabajo, al ser los áridos de tipo silíceo, identificado como cuarzo, y los ligantes calcáreos, se sometieron las muestras a un ataque químico con ácido clorhídrico para disolver el conglomerante.

La parte insoluble, es decir el árido silíceo, fue así cuantificado y posteriormente se caracterizó estructuralmente por técnicas de Difracción de Rayos-X, y granulométricamente por técnicas normalizadas (8). Con la fracción soluble se determinó por medio de Espectrofotometría de Absorción Atómica la composición de óxidos de la parte conglomerante del mortero. Paralelamente se determinó la cantidad de CO<sub>2</sub>, tras ataques y disolución con ácido clorhídrico en el calcímetro Bernard de acuerdo a técnicas convencionales (9).

## 2.2. Propiedades físicas

La determinación de las propiedades físicas de los morteros relacionadas con su figuración macroestructural, como son las densidades

aparente y real y porosidad, permitirá obtener una idea, al menos cualitativa, del cuidado de la dosificación y puesta en obra de estos morteros, así como de su comportamiento resistente, y de durabilidad, condicionado a esta configuración y, particularmente, a su porosidad.

Para la determinación de la densidad aparente se han seguido métodos normalizados (10). Para la determinación de la densidad real, se ha molido la muestra en molino de ágata y se ha tamizado por los tamices números 70 y 200 de la serie A.S.T.M., empleándose la fracción retenida entre ambos para ensayarla de forma normalizada para otros materiales (11).

## 3. MUESTRAS ANALIZADAS

Atendiendo a los criterios metodológicos anteriormente establecidos de acuerdo con los objetivos especificados, se han analizado los tres morteros diferentes provenientes de los dos asientos medievales en estudio. La Tabla 1 resume el origen y nomenclatura de los morteros analizados. Las Figuras 4 y 5 esquematizan la zona de toma de muestras sobre los planos de los asentamientos.

En los dos primeros casos las muestras recibidas han permitido desarrollar sobre ellas toda la metodología previamente descrita. En el caso del mortero de cimentación la escasez de muestra no permitió todo este proceso, habiéndose sido sólo posible la caracterización de componentes por técnicas de Difracción de Rayos X.

## 4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos se dan en las Tablas 2, 3 y 4, correspondientes una a cada mortero ensayado, complementándose la información con las Figuras 6 y 7 que contienen los difractogramas de morteros y áridos respectivamente y con la Figura 8 donde se recogen las granulometrías.

TABLA 1

MORTERO	FINALIDAD	ASIENTO	SIGLO
C-C	Cimentación	Camargo	VIII
C-H	Cimentación	Henestrosas	XIII
P-H	Pavimentación	Henestrosas	XIII

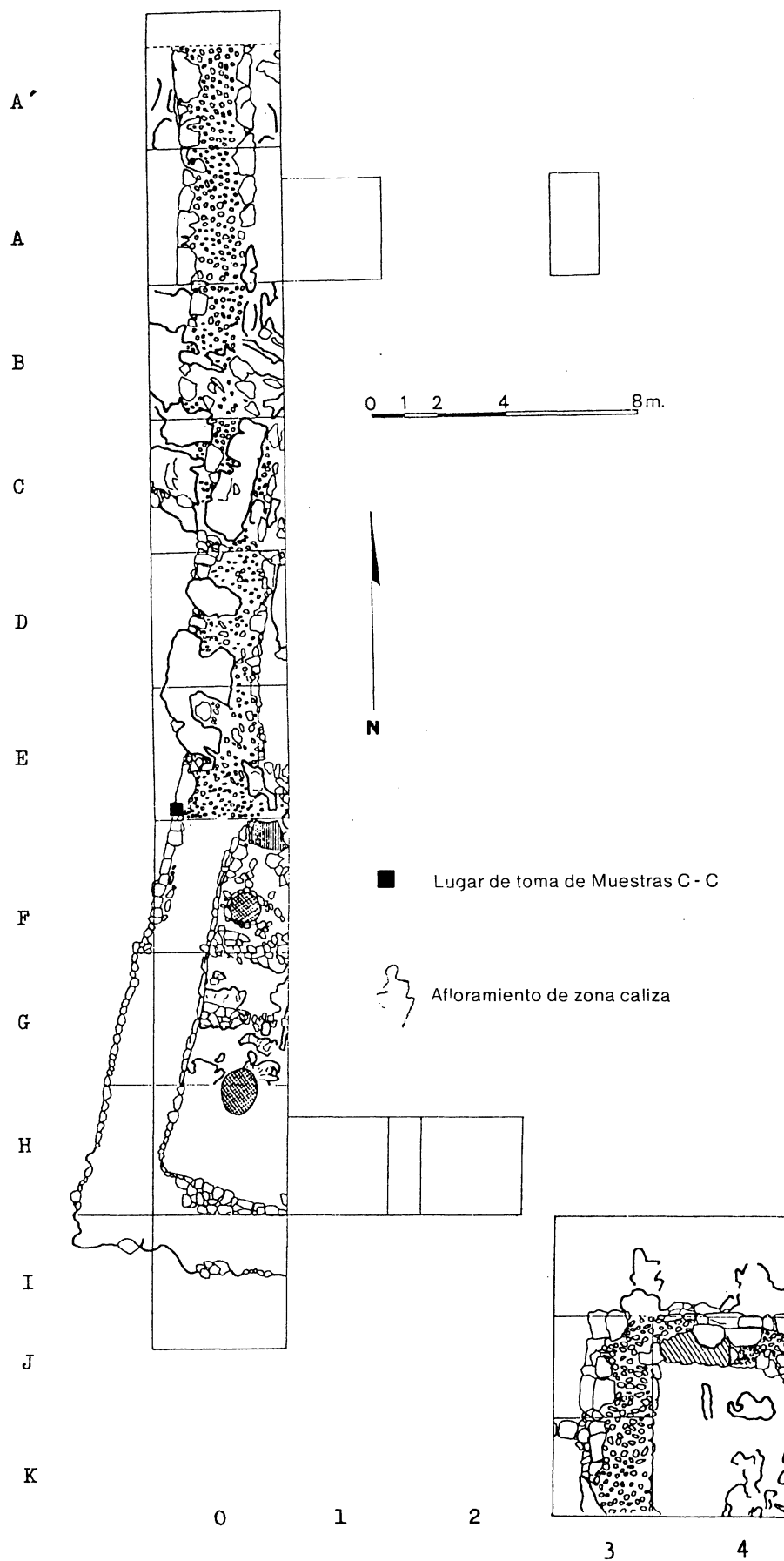


Fig. 4.—Plano de asentamiento del castillo de Camargo.

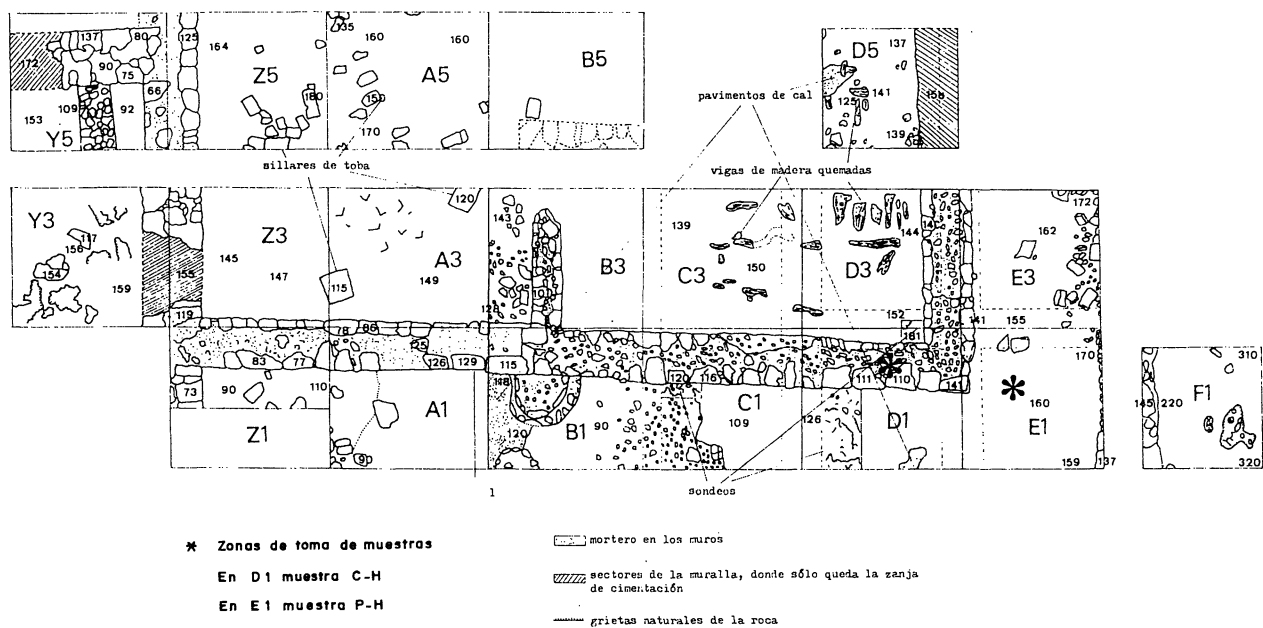


Fig. 5.—Plano de asentamiento del castillo de Las Henestrosas.

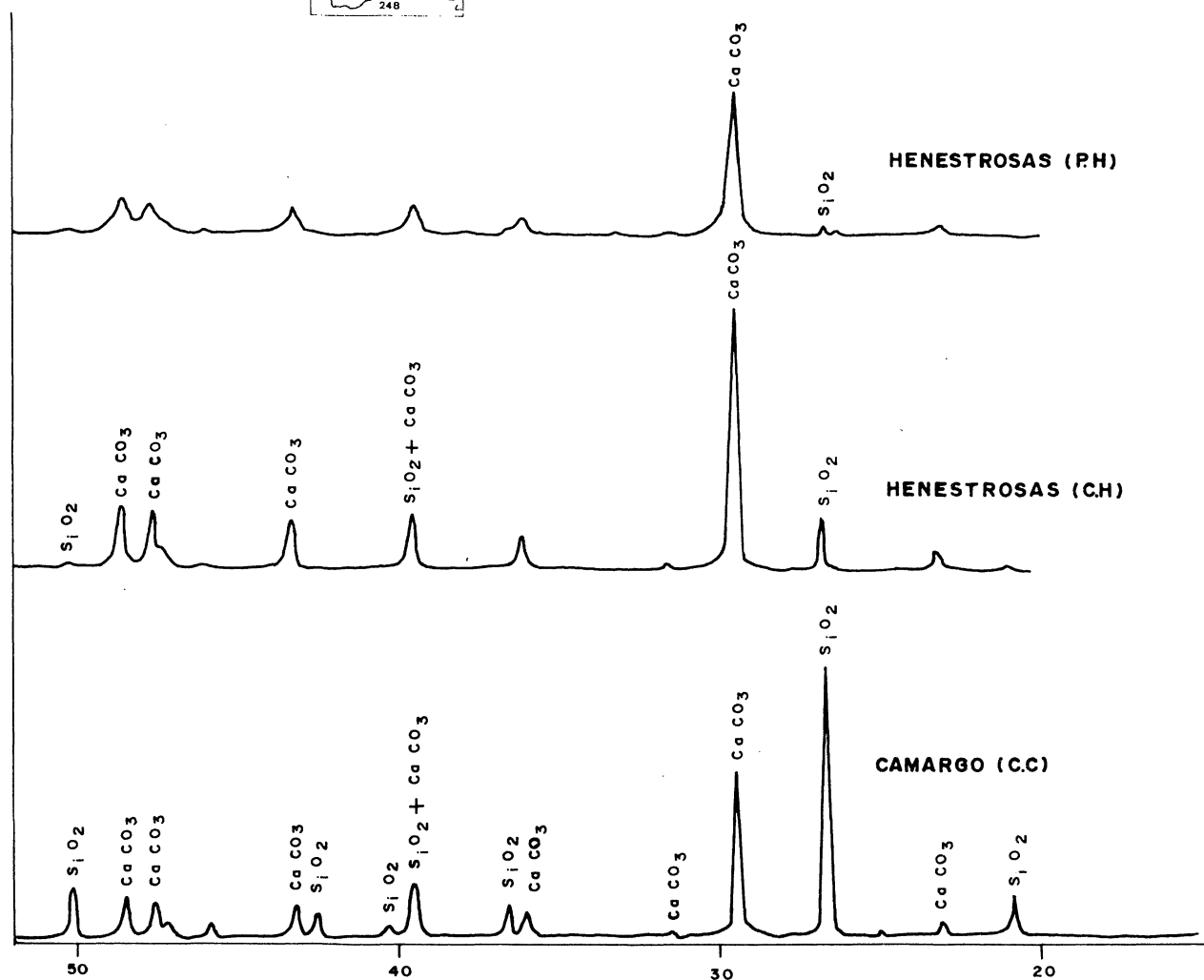


Fig. 6.—Difractogramas de morteros.

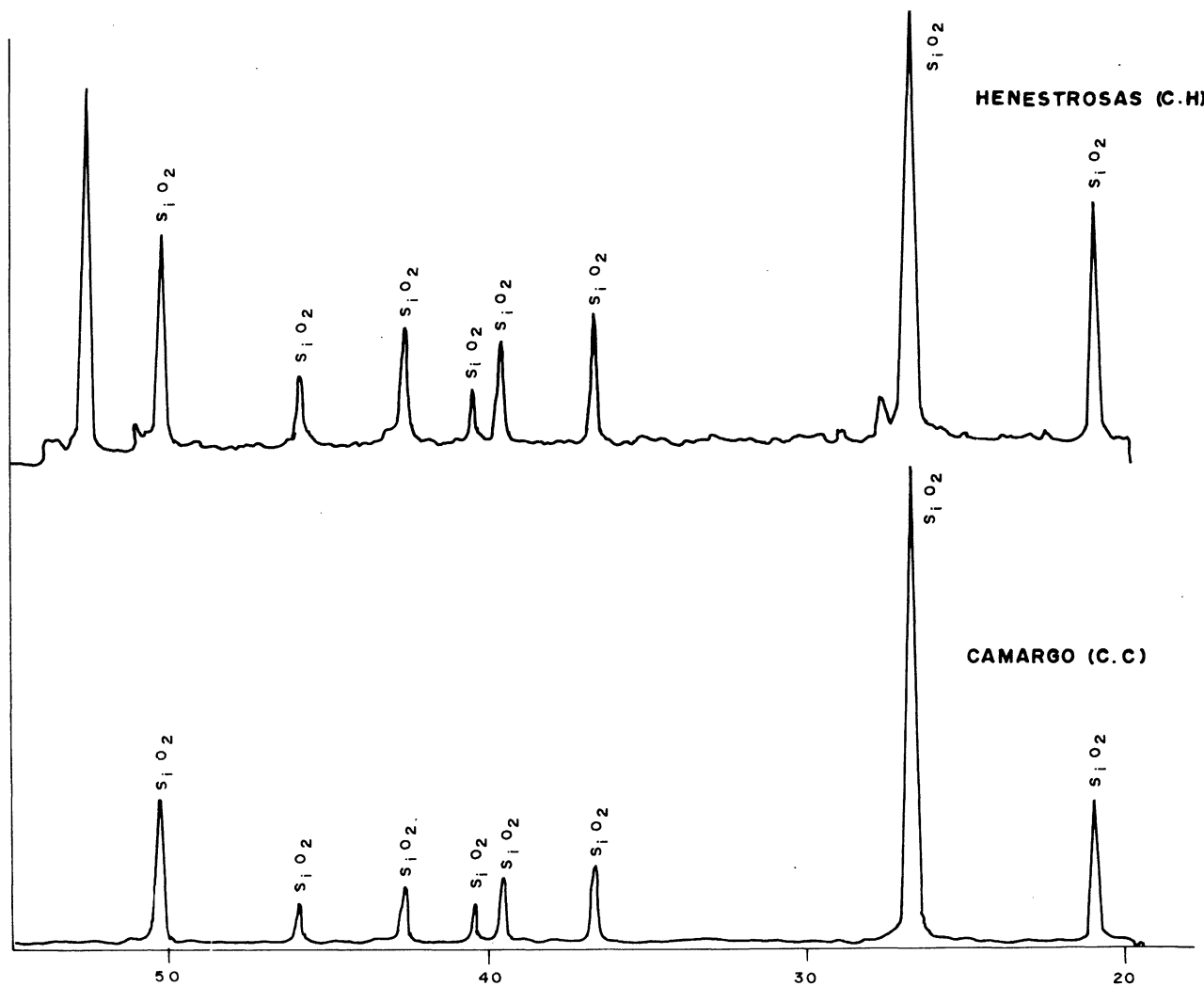


Fig. 7.—Difractogramas de áridos.

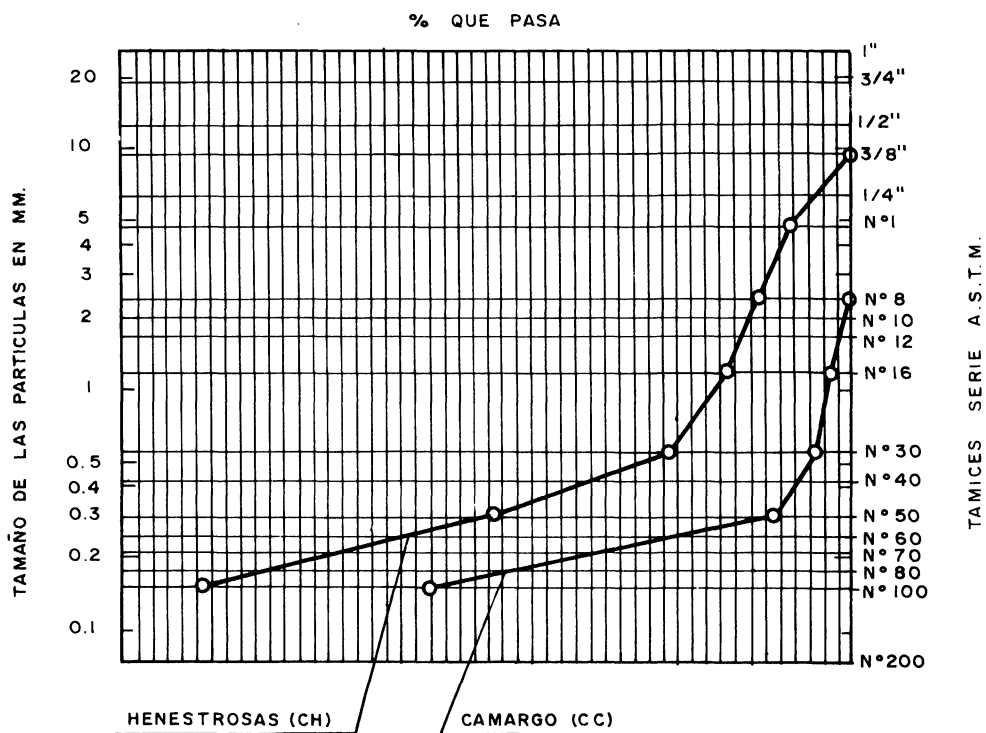


Fig. 8.—Granulometrías de áridos.

TABLA 2  
Caracterización del mortero C-C

* <b>Difracción de Rayos X</b> (semicuantitativo) (Figura 6)							
Cuarzo (SiO <sub>2</sub> ): 60 %				CaCO <sub>3</sub> : 40 %			
* <b>Análisis de componentes</b>							
Arido silíceo (fracción insoluble): 62.06 %							
Conglomerante (fracción soluble): 37.94 %							
* <b>Difracción de Rayos X sobre el árido</b> (Figura 7)							
Cuarzo (SiO <sub>2</sub> )							
* <b>Análisis granulométrico</b> (tamices A.S.T.M.) (Figura 8)							
Abertura (mm)	9.52	4.76	2.38	1.19	0.59	0.297	0.149
% pasa	100	100	100	97.4	95.5	89.1	41.8
* <b>Composición química del conglomerante</b> (% en peso)							
CaCO <sub>3</sub>	CaO (libre)	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	
92.02	4.98	0.14	1.94	0.92	0.12	0.16	
* <b>Caracterización física macroestructural</b>							
Densidad aparente		Densidad real		Porosidad			
1.82 g/cm <sup>3</sup>		2.62 g/cm <sup>3</sup>		30.5 %			

TABLA 3  
Caracterización del mortero C-H

* <b>Difracción de Rayos X</b> (semicuantitativo) (Figura 6)							
Cuarzo (SiO <sub>2</sub> ): 20 %				CaCO <sub>3</sub> : 80 %			
* <b>Análisis de componentes</b>							
Arido silíceo (fracción insoluble):				27.43 %			
Conglomerante (fracción soluble):				72.57 %			
* <b>Difracción de Rayos X sobre el árido</b> (Figura 7)							
Cuarzo (SiO <sub>2</sub> )							
* <b>Análisis granulométrico</b> (tamices A.S.T.M.) (Figura 8)							
Abertura (mm)	9.52	4.76	2.38	1.19	0.59	0.297	0.149
% pasa	100	92.0	87.7	83.4	75.3	51.2	11.4
* <b>Composición química del conglomerante</b> (% en peso)							
CaCO <sub>3</sub>	CaO (libre)	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	
90.9	0.03	6.17	1.23	1.58	0.09	0.07	
* <b>Caracterización física macroestructural</b>							
Densidad aparente		Densidad real		Porosidad			
2.08 g/cm <sup>3</sup>		2.53 g/cm <sup>3</sup>		17.8 %			

TABLA 4  
Caraterización del mortero P-H

* <b>Difracción de Rayos X</b> (semicuantitativo) (Figura 6)	
Cuarzo (SiO <sub>2</sub> ): 5 %	CaCO <sub>3</sub> : 95 %



## 5. ANALISIS DE RESULTADOS

El análisis de los resultados obtenidos permite extraer las siguientes consideraciones:

### Morteros de cimentación

- \* Los dos morteros están formados básicamente por carbonato cálcico, proveniente de la carbonatación de su conglomerante, una cal aérea, y sílice como árido.
- \* El mortero del Castillo de Camargo, más antiguo, tiene una relación *conglomerante* (CaO): *árido* en peso próxima a 1:3, inferior a la del Castillo de las Henestosas, algo superior al valor 1:1. En ambos casos los morteros presentan una proporción de conglomerante muy superior a la de los morteros actuales.
- \* En ambos casos el árido utilizado es silíceo. En el primero de ellos más fino (tamaño siempre inferior a 2 mm) que en el segundo, que presenta tamaños superiores a 5 mm. La granulometría en ambos casos no parece estudiada. En el caso del mortero de Camargo la arena utilizada parece proveniente de playa, atendiendo a su finura y uniformidad de tamaño, lo que es consecuente con su localización geográfica. El árido de las Henestosas tiene una variación de tamaños más continuada.
- \* La porosidad es mucho menor en el mortero de las Henestosas, lo que puede implicar una mejor elaboración del mismo. La canti-

dad y finura del árido en el caso de Camargo pueden ser el origen de su mayor porosidad, al tener probablemente necesidad de mayor cantidad de agua para su amasado.

### Mortero de pavimentación

- \* El estudio sobre el mortero de pavimento del Castillo de las Henestosas muestra su diferencia con el correspondiente a los de cimentación de paramentos, siendo casi exclusiva e inicialmente formado por una pasta de cal, con una mínima presencia de árido. Este hecho hace presuponer que su uso era de recepción del solado final.

## 6. CONCLUSIONES

El análisis efectuado pone de manifiesto la influencia de la funcionalidad del mortero sobre su dosificación en el caso de las Henestosas. Sin embargo los morteros de cimentación de ambos asentamientos ofrecen claras diferencias que pueden ser debidas tanto a posibles influencias de tipo geográfico, locales, patentes en el castillo de Camargo, como a otras de tipo cronológico o social.

La metodología seguida es por tanto capaz de aportar datos positivos para el análisis buscado, siendo necesario estudios comparativos sistemáticos sobre otros asentamientos para evaluar los aspectos aquí no aclarados, como pueden ser los factores de influencia local, histórico y temporal en los procesos de diseño y ejecución de este tipo de morteros.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- (1) D. DUFOURNIER: "Sur une methode d'analyse des mortiers anciens et son application". *Archeologie Médiévale*, II, 1972, pp. 325-345.
- (2) M. FRIZOT: "Le mortier romain, mystère ou savoir faire?". *Dossiers de l'Archeologie*, 25, 1977, pp. 60-63.
- (3) R. MALINOWSKI: "Ancient mortars and concretes: Aspects of their durability". *History of Technology*, 7.<sup>th</sup> Annual Volume, Mansell, U.K., 1982, pp. 89-101.
- (4) C. A. LANGTON and D. M. ROY: "Longevity of borehole and shaft sealing materials: Characterization of ancient cement-based building materials". *Symposium proceedings #26 of Material Research Society*, Pittsburgh, Pa, U.S.A., 1984, pp. 543-549.
- (5) J. DAVIDOTIS: "Ancient and modern concretes: What is the real difference?". *Concrete International*, Vol. 9, 12, 1987, pp. 23-35.
- (6) B. D. CULLITY: "Elements of X-Ray Diffraction", 2<sup>nd</sup> Edition, Addison-Wesley Publishing Co. Inc., Reading, 1978.
- (7) L. G. SCHULZ: "Quantitative interpretation of mineralogical composition from X-ray and chemical data for the Pierre Shale". *U.S. Geological Survey Prof. Vol. 391-C*, 1964.
- (8) A.S.T.M. Standard C-136-84.
- (9) Normal NLT 117/59, *Laboratorio de Transportes y Mecánica del Suelo*.
- (10) A.S.T.M. Standard C-127-84.
- (11) A.S.T.M. Standard C-188-44.